

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-108466

(43)Date of publication of application : 10.04.2002

(51)Int.Cl.

G05F 1/67
H01L 31/04

(21)Application number : 2000-299977

(71)Applicant : CANON INC

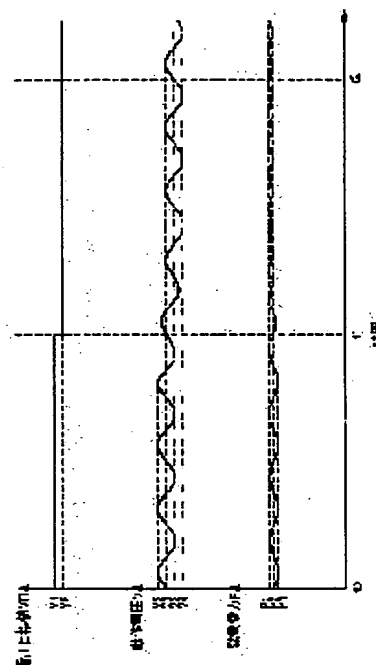
(22)Date of filing : 29.09.2000

(72)Inventor : KUROKAMI MASAMICHI
TAKEHARA NOBUYOSHI

(54) DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING POWER AND POWER GENERATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem that the output of a solar battery is slightly lowered in the fluctuation period of an operating point and the utilization ratio of the solar battery falls because the operating point of the solar battery is always made to fluctuate by MPPT control in order to make the operation of the solar battery a maximum output point. SOLUTION: The average value of operating voltages V becomes $V1$ because a voltage target value V_R at $t0$ is set to $V1$. The maximum value of the operating voltage V becomes $V3$ and the minimum value becomes $V2$ because ripples caused by the operation of a power controller take place in the operating voltage V . A generated power P pulsates in accordance with the pulsation of the operating voltage V , and shows the maximum power $P0$ at an operating voltage $V2$ and the minimum power $P1$ at an operating voltage $V3$. $P0$ is detected as a detected maximum power value P_{max} and $V2$ is detected as a voltage detection value V_{Pmax} in a period up to $t1$. Then, the voltage target value V_R after $t1$ is updated to $V2$, and the voltage target value $V2$ is held at least up to $t2$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-108466

(P 2002-108466A)

(43) 公開日 平成14年4月10日 (2002.4.10)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

タームコード (参考)

G 0 5 F 1/67

G 0 5 F 1/67

A 5F051

H 0 1 L 31/04

H 0 1 L 31/04

K 5H420

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L

(全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-299977 (P2000-299977)

(22) 出願日 平成12年9月29日 (2000.9.29)

(71) 出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 黒神 誠路

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャノン株式会社内

(72) 発明者 竹原 信善

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャノン株式会社内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康德 (外2名)

F ターム (参考) 5F051 KA02 KA03 KA04 KA10

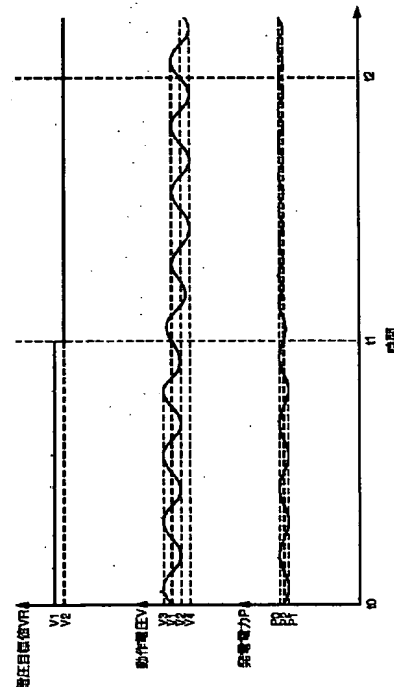
5H420 BB14 CC03 FF03 FF04 FF22

(54) 【発明の名称】 電力制御装置およびその制御方法、並びに、発電装置

(57) 【要約】

【課題】 MPPT制御は、太陽電池の動作を最大出力点にするために、常に太陽電池の動作点を変動させるので、その変動期間は太陽電池の出力を若干低下させることになり、太陽電池の利用率が低下する。

【解決手段】 t_0 において電圧目標値 V_R は V_1 に設定されているので動作電圧 V の平均値は V_1 になる。動作電圧 V には電力制御装置の動作に起因するリップルが生じるので、動作電圧 V の最大値は V_3 、最小値は V_2 になる。また、発電電力 P は、動作電圧 V の脈動に応じて脈動し、動作電圧 V_2 のときに最大電力 P_0 を示し、動作電圧 V_3 のときに最小電力 P_1 を示す。 t_1 までの期間に、検出最大電力値 P_{max} として P_0 が、電圧検出値 V_{Pmax} として V_2 が検出される。従って、 t_1 以降の電圧目標値 V_R は V_2 に更新され、電圧目標値 V_2 は少なくとも t_2 まで保持される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力される直流電力を負荷に応じた電力に変換する電力変換手段と、
前記入力直流電力の電圧および電流を検出する検出手段と、

検出される電圧および電流に基づき、前記入力直流電力の電圧または電流の目標値を設定する設定手段と、
検出される電圧または電流が前記目標値になるように前記電力変換手段を制御する制御手段とを有し、
前記設定手段は、前記電力変換手段の動作により生じる、前記入力直流電力に含まれるリップルから前記入力直流電力の供給源の特性を検出し、検出される特性に基づき前記入力直流電力の電圧または電流の目標値を設定することを特徴とする電力制御装置。

【請求項 2】 前記設定手段は、前記リップルの振幅が所定値を超えない場合、複数の目標値を設定し、各目標値に対する電圧および電流の検出結果に基づき、前記目標値を設定することを特徴とする請求項 1 に記載された電力制御装置。

【請求項 3】 前記設定手段は、検出される電圧および電流の積から前記リップルの振幅を判定することを特徴とする請求項 2 に記載された電力制御装置。

【請求項 4】 さらに、前記電力変換手段から出力される電力を検出する電力検出手段を有し、
前記設定手段は、検出される電力から前記リップルの振幅を判定することを特徴とする請求項 2 に記載された電力制御装置。

【請求項 5】 前記設定手段は、検出される電圧または電流のばらつきから前記リップルの振幅を判定することを特徴とする請求項 2 に記載された電力制御装置。

【請求項 6】 前記設定手段は、検出した前記供給源の特性に基づき、前記供給源の出力電力が最大になるように前記目標値を設定することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載された電力制御装置。

【請求項 7】 前記設定手段は、前記リップルを利用して複数の異なる電圧または電流における入力電力を検出し、検出された電圧または電流、および、電力から前記供給源の特性を近似することを特徴とする請求項 6 に記載された電力制御装置。

【請求項 8】 前記設定手段は、少なくとも三点の異なる電圧または電流における電力を検出し、その結果に基づき、前記供給源の特性を二次関数で近似することを特徴とする請求項 7 に記載された電力制御装置。

【請求項 9】 前記設定手段は、前記リップルを利用して複数の異なる電圧または電流における入力電力を検出し、最大の電力を示す電圧または電流を目標値に設定することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載された電力制御装置。

【請求項 10】 前記設定手段は、異なるタイミングかつ同じ電圧で検出される電流または電力間の差、あるい

は、異なるタイミングかつ同じ電流で検出される電圧または電力間の差が所定値を超える場合、検出結果にかかわらず目標値を保持することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載された電力制御装置。

【請求項 11】 前記設定手段は、異なるタイミングかつ同じ電圧で検出される電流または電力間の差、あるいは、異なるタイミングかつ同じ電流で検出される電圧または電力間の差に応じて補正した電力に基づき、前記目標値を設定することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載された電力制御装置。

【請求項 12】 前記設定手段は、前記リップルに同期した所定のタイミングで電圧および電流を検出することを特徴とする請求項 10 または請求項 11 に記載された電力制御装置。

【請求項 13】 前記設定手段は、前記リップルの両尖端点および中間点の二または三点に同期するタイミングで電圧および電流を検出することを特徴とする請求項 12 に記載された電力制御装置。

【請求項 14】 前記設定手段は、前記リップルの大きさに応じて、前記目標値を設定するための電圧および電流の検出回数を設定することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 の何れかに記載された電力制御装置。

【請求項 15】 請求項 1 から請求項 14 の何れかに記載された電力制御装置を有することを特徴とする発電装置。

【請求項 16】 前記電力制御装置は商用電力系統に連系可能であることを特徴とする請求項 15 に記載された発電装置。

【請求項 17】 前記入力直流電力の供給源は太陽電池であることを特徴とする請求項 15 または請求項 16 に記載された発電装置。

【請求項 18】 入力される直流電力を負荷に応じた電力に変換する電力変換手段、前記入力直流電力の電圧および電流を検出する検出手段、並びに、検出される電圧または電流が目標値になるように前記電力変換手段を制御する制御手段とを有する電力制御装置の制御方法であって、

前記電力変換手段の動作により生じる、前記入力直流電力に含まれるリップルから前記入力直流電力の供給源の特性を検出し、
検出される特性に基づき前記目標値を設定することを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は電力制御装置およびその制御方法、並びに、発電装置に関し、例えば、太陽電池などから供給される直流電力を負荷に応じた電力に変換する電力制御装置およびその制御方法、並びに、そのような電力変換装置を使用する発電装置に関する。

【0002】

【従来の技術】今日、地球環境に対する意識の高まりから、クリーンエネルギーを提供する太陽光発電装置に大きな期待が寄せられている。最近では、太陽電池が発電した直流電力をパワーコンディショナ（電力制御装置）で交流電力に変換して商用電力系統（以下「系統」と呼ぶ）に出力する系統連系型の太陽光発電装置の普及している。

【0003】太陽電池の出力は、日射量、温度および動作点電圧などにより、かなり変動する。従って、太陽電池からみた負荷を調整し、常に、太陽電池から最大電力を取り出すことが望まれる。そこで、パワーコンディショナは、太陽電池から最大電力を取り出す制御、所謂MPPT（Maximum Power Point Trackingの略、最大出力点追跡）制御を行う。

【0004】MPPT制御は、太陽電池の動作点の電圧や電流を検出して太陽電池の電圧目標値を設定し、検出される電圧値が電圧目標値と一致するようにパワーコンディショナの出力を調整するものである。つまり、太陽電池の電圧を変動させて、各電圧値に対する電流値を検出して、電圧値と電流値の積から太陽電池の出力電力を算出する。そして、最大電力を示す電圧値を電圧目標値として太陽電池の出力電力が最大になるように制御する。

【0005】例えば、特開昭62-85312号公報には、電圧目標値を変動させて太陽電池の電圧を変動させて、変動前後の電力の検出値を比較し、検出値が大きい方向に電圧を変動させる、所謂山登り法を用いるMPPT制御が開示されている。また、電圧目標値を変動させて、各電圧目標値に対する電力を検出し、検出値が最大になった電圧目標値を次の電圧目標値に設定するMPPT制御もある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記のMPPT制御は、太陽電池の動作を最大出力点にするために、常に太陽電池の動作点を変動させるので、その変動期間は太陽電池の出力を若干低下させることになり、太陽電池の利用率が低下する。

【0007】これに対して、特公平8-27671号公報や特開平7-334260公報には、電圧目標値を所定時間一定に保持して電圧目標値の変動を断続的に行うことで、太陽電池が最大出力点に到達した後、太陽電池の動作点を変動させることで生じる出力低下を抑制するMPPT制御が開示されている。しかし、この方法では、電圧目標値を一定に保持している間に太陽電池の最大出力点が変われば、太陽電池の出力低下が生じてしまうし、電圧目標値の変動期間には太陽電池の出力低下が生じるから、やはり太陽電池の利用率は低下する。

【0008】本発明は、上述の問題を解決するためのものであり、入力される直流電力を負荷に応じた電力に変換する場合に、直流電力の供給源の利用効率を高めることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記の目的を達成する一手段として、以下の構成を備える。

【0010】本発明にかかる電力制御装置は、入力される直流電力を負荷に応じた電力に変換する電力変換手段と、前記入力直流電力の電圧および電流を検出する検出手段と、検出される電圧および電流に基づき、前記入力直流電力の電圧または電流の目標値を設定する設定手段と、検出される電圧または電流が前記目標値になるように前記電力変換手段を制御する制御手段とを有し、前記設定手段は、前記電力変換手段の動作により生じる、前記入力直流電力に含まれるリップルから前記入力直流電力の供給源の特性を検出し、検出される特性に基づき前記入力直流電力の電圧または電流の目標値を設定することを特徴とする。

【0011】本発明にかかる制御方法は、入力される直流電力を負荷に応じた電力に変換する電力変換手段、前記入力直流電力の電圧および電流を検出する検出手段、並びに、検出される電圧または電流が目標値になるように前記電力変換手段を制御する制御手段とを有する電力制御装置の制御方法であって、前記電力変換手段の動作により生じる、前記入力直流電力に含まれるリップルから前記入力直流電力の供給源の特性を検出し、検出される特性に基づき前記目標値を設定することを特徴とする。

【0012】本発明にかかる発電装置は、入力される直流電力を負荷に応じた電力に変換する電力変換手段と、前記入力直流電力の電圧および電流を検出する検出手段と、検出される電圧および電流に基づき、前記入力直流電力の電圧または電流の目標値を設定する設定手段と、検出される電圧または電流が前記目標値になるように前記電力変換手段を制御する制御手段とを有し、前記設定手段は、前記電力変換手段の動作により生じる、前記入力直流電力に含まれるリップルから前記入力直流電力の供給源の特性を検出し、検出される特性に基づき前記入力直流電力の電圧または電流の目標値を設定する電力制御装置を有することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる実施形態の電力制御装置を図面を参照して詳細に説明する。

【0014】[リップル] パワーコンディショナの電力変換動作や入力電圧制御などにより、太陽電池の出力にリップル（脈動）が生じる。このリップルが大きすぎると、太陽電池の動作は最大出力点から離れて出力低下を招く。そこで、通常、リップルを平滑化するためのキャパシタやリアクタを設置する、制御系の最適化によりリップルを問題のないレベルに抑える、などが行われる。ただし、電子部品の大きさや重さ、コストなどからリップルをゼロにすることは困難で、太陽電池の出力には若干のリップルが残る。

【0015】このリップルは、MPPT制御の誤動作の原因になり得る。そこで、通常のMPPT制御においては、ハード

ウェアまたはソフトウェアにより電圧や電流の検出値を平均化したり、電圧目標値の変動を大きくして、リップルの影響を除去するように構成する。

【0016】

【第1実施形態】〔構成〕図1は第1実施形態の電力制御装置2を使用する太陽光発電装置の構成例を示すブロック図である。

【0017】太陽電池1から出力される直流電力は、電力制御装置2によって電力変換され、負荷3に供給される。太陽電池1には、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、多結晶シリコン、単結晶シリコンあるいは化合物半導体を用いる太陽電池などが使用される。通常、太陽電池1は、複数の太陽電池モジュールを直並列に組み合わせ、所望の電圧および電流が得られるようにアレイを構成する。

【0018】電力制御装置2の電力変換部4はDC/DCコンバータ、DC/ACインバータ、あるいは、DC/DCコンバータとDC/ACインバータを直列接続したものなどから構成される。DC/DCコンバータやDC/ACインバータのスイッチング素子には、パワートランジスタ、パワーMOSFETまたはIGBTなどの自己消弧型の素子を用いる。電力変換部4を駆動するパルスのオンオフ比（デューティ比）を変えることで、電力潮流、電力変換装置2の入出力電圧および出力周波数などを制御する。

【0019】電圧検出器5および電流検出器6は、太陽電池1から出力される電圧および電流を検出して、電圧検出信号および電流検出信号を出力する。電圧検出器5および電流検出器6はそれぞれ、直流電圧および直流電流を検出することができ、第1実施形態の電力制御で利用するリップルも検出できる応答速度および精度を有するものであればよい。

【0020】電圧検出器5および電流検出器6は、後述する制御部がデジタル回路の場合、デジタル信号を供給するため、A/D変換を行う。このA/D変換の分解能はリップルの大きさに応じて設定する必要があり、少なくとも8ビットの分解能が必要である。ただし、適応範囲や制御精度を考慮すると10ビット以上の分解能を有するA/D変換が望まれる。なお、A/D変換のサンプルホールド時間もリップル周波数に対して十分に短い必要があるが、リップル周波数は50/60Hzまたはその数倍程度の周波数であるから、何ら問題なくA/D変換することができる。

【0021】電圧設定部7は、電圧検出器5および電流検出器6から電圧および電流検出信号を入力して、これらの乗算結果から算出される電力検出値に基づき、所定のアルゴリズムにより、太陽電池1の動作電圧を指示する電圧目標値を設定し出力する。

【0022】電圧制御部8は、電圧設定部7から動作電圧目標値を、電圧検出器5から電圧検出信号を入力して、電圧目標値と電圧検出信号との差がゼロになるように、出力指令値を調整し出力する。

【0023】制御部9は、電圧制御部8から出力指令値を入力して、三角波比較方式やヒステリシスコンパレータ方式などにより、出力指令値に応じた駆動パルスを生成し出力する。この駆動パルスは、電力変換部4のスイッチング素子に供給される。

【0024】以上の構成により、フィードバック制御が行われ、太陽電池1の出力電圧は電圧目標値に制御される。

【0025】なお、電圧設定部7、電圧制御部8および制御部9はアナログ回路またはデジタル回路、あるいは、これらの組み合わせにより構成される。これらの構成にCPUやDSP(Digital Signal Processor)などを使用すれば、構成が簡単になる利点がある。

【0026】また、負荷3には、直流、交流に限定されず様々な負荷が接続可能である。電熱器や電動機あるいは系統など、比較的低周波の交流負荷であればリップル周波数が負荷の周波数またはその整数倍の周波数になり、第1実施形態が適応し易い。また、負荷3が系統の場合、系統に供給する電力には制限がないので、太陽電池1からより多くの電力を取り出し、負荷3へ供給する第1実施形態の電力制御装置2を用いるのに非常に好ましい。

【0027】〔MPPT制御〕図2は電圧設定部7が行うMPPT制御の一例を示すフローチャートである。まず、ステップS1で、電圧目標値VRの初期値を設定し、電圧目標値VRが同一値の間に電圧および電流を検出する回数の上限値Cmaxを設定する。

【0028】次に、ステップS2で、以下に続く繰返ループで使用する変数を初期化する。電圧目標値VRが現在値における検出電力の最大値を記憶するPmax、Pmax時の電圧値を記憶するVPmaxおよび検出回数を記憶するCにそれぞれゼロを代入する。

【0029】次に、ステップS3で、電圧および電流を検出すべきタイミングに達したか否かを判断し、検出タイミングであればステップS4に進み、検出タイミングでなければステップS3に戻る。検出タイミングは、例えばリップル周波数の八倍に設定するが、より高い周波数で検出すれば、リップルをより細かくトレースして、精密な検出ができることは言うまでもない。なお、検出タイミングは、リップル周波数の整数倍に限定されるわけではない、例えばリップル周波数の1.1倍などの周波数を検出タイミングにしてもよい。

【0030】ステップS4で、太陽電池1の出力電圧および電流を電圧検出値Vおよび電流検出値Iとして取得する。そして、ステップS5で、電圧検出値Vおよび電流検出値Iから電力検出値Pを算出する。

【0031】次に、ステップS6で、電力検出値Pと、記憶された検出電力最大値Pmaxを比較して、P>PmaxであればステップS7で検出電力最大値PmaxおよびVPmaxを電力検出値Pおよび電圧検出値Vで更新する、つまり最大電力が検出された動作点の記憶を更新する。

【0032】次に、ステップS8で検出回数Cをインクリメントし、ステップS9で検出回数Cと検出回数の上限値C_{max}とを比較する。C<C_{max}であればステップS3へ戻り検出を継続する。また、C≥C_{max}であればステップS10に進む。つまり、検出回数Cが検出回数の上限C_{max}に達するまでステップS3からステップS9が繰り返される。

【0033】次に、ステップS10で、最終的に検出最大電力値P_{max}が検出されたときの電圧検出値V_{Pmax}が、その時点の太陽電池1の最大出力点と判断して、次に設定すべき電圧目標値VRをV_{Pmax}に設定する。そして、処理はステップS2に戻り、上記の動作が繰り返される。

【0034】図3は電圧目標値VR、太陽電池1の動作電圧Vおよび発電電力Pの時間変化を示す図である。また、図4は太陽電池1の動作電圧Vと発電電力Pとの関係、つまり太陽電池1の動作特性例を示す図である。

【0035】タイミングt0において電圧目標値VRはV1に設定されているので、電圧制御部8の制御により動作電圧Vの平均値はV1になる。動作電圧Vには電力制御装置2の動作に起因するリプルが生じるので、図3に示すように、動作電圧Vの最大値はV3、最小値はV2になる。また、発電電力Pは、その時点の太陽電池1の動作特性が図4に示す特性であれば、動作電圧Vの脈動に応じて脈動し、動作電圧V2のときに最大電力P0を示し、動作電圧V3のときに最小電力P1を示す。

【0036】タイミングt1までの期間に、電圧設定部7により検出最大電力値P_{max}としてP0が、電圧検出値V_{Pmax}としてV2が検出される。従って、タイミングt1以降の電圧目標値VRはV2に更新され、電圧目標値V2は少なくともタイミングt2まで保持される。

【0037】タイミングt2以降、電圧制御部8の制御により動作電圧Vの平均値はV2になり、その最大値はV1、最小値はV4になる。また、発電電力Pは、動作電圧V2のときに最大電力P0を示し、動作電圧V1およびV4のときに最小電力P2を示す。

【0038】タイミングt1からt2までの期間、検出最大電力P_{max}はP0、電圧検出値V_{Pmax}はV2であるから、タイミングt2以降の電圧目標値VRは引き続きV2になる。

【0039】このように、第1実施形態のMPPT制御は、太陽電池1の出力電圧に生じるリプルを利用して最大出力点を探すことができる。従って、例えば山登り法によるMPPT制御のように、電圧設定値VRを変動させて最大出力点を探すことはない。言い換えれば、積極的に電圧目標値VRを変動させることはない。連続して最大出力点を維持することができる。

【0040】また、図3に示されるように、タイミングt1までの発電電力Pの脈動はP0-P1（図4に矢印Aで示す範囲に対応）で、タイミングt1以降の脈動はP0-P2（図4に矢印Bで示す範囲に対応）である。ここでP1<P2であるか

ら、タイミングt1以前に比べ、タイミングt2以降は発電損失（所謂ミスマッチ損失）が低く抑えられる。例えば山登り法によるMPPT制御では、定常的に、脈動が大きい状態と脈動が小さい状態とを交互に繰り返すことになるから、脈動（発電損失）が大きい状態の影響で太陽電池1の発電効率が低下することになる。一方、第1実施形態では、定常的に、脈動（発電損失）が小さい状態を維持するので、太陽電池1の発電効率が向上する。

【0041】また、電圧目標値VRの変動を一時的に休止して一定の電圧目標値VRにする場合は、その休止中に最大出力点の変動すれば発電損失が増大することになる。勿論、休止解除後は、電圧目標値VRを積極的に変動させるので発電損失が増大する。一方、第1実施形態では、電圧目標値VRは一定であっても、リプルを利用して最大出力点を常に検出しているから、最大出力点の変動しても速やかに電圧目標値VRを追従させて、発電損失の増大を抑制できる。

【0042】以上のように、本発明によれば、動作電圧目標値が一定の期間に、動作点にリプルが生じる電力制御装置において、リプル上の複数の電圧、電流を検出し、算出された電力値に基づいて動作電圧目標値を設定することにより、最大出力動作電圧に到達するとともに、動作電圧目標値を変動させることなく最大出力動作電圧のまま動作し続けることができ、太陽電池からより多くの電力を取り出すことができ、太陽電池の利用率が向上する。また、最大出力動作電圧が変動した場合には速やかに動作電圧目標値が追従して、ミスマッチ損失を効果的に抑制できる。

【0043】上記では、検出回数をC_{max}に固定する例を説明したが、リプルの大きさに応じて検出回数や検出タイミングを可変にしてもよい。例えば、リプルが小さい場合は、検出回数を増やし、太陽電池1の動作電圧Vおよび発電電力Pの検出値を統計的に処理すれば、ノイズの影響を抑えることができ、リプルが小さい場合の誤動作を抑制し、かつ、最大出力点を高精度に追従することができる。

【0044】

【第2実施形態】以下、本発明にかかる第2実施形態の電力制御装置を説明する。なお、第2実施形態において、第1実施形態と略同様の構成については、同一符号を付して、その詳細説明を省略する。

【0045】多くの場合、リプルの大きさは、図5に示すように、電力に比例する特性を示す。従って、電力が大きい場合はリプルも大きく、リプルを利用して精度の高いMPPT制御を行うことができる。しかし、電力が小さい場合はリプルも小さく、リプルを利用した精度の高いMPPT制御は難しくなる。以下、この点を考慮した第2実施形態のMPPT制御を説明する。

【0046】図6は電圧設定部7が行うMPPT制御の一例を示すフローチャートである。

【0047】ステップS11で、第2実施形態に特徴的なMPPTモードの切換の基準になる電力基準値 P_x を設定する。MPPTモードの切換の基準は、電圧および電流の検出精度に対して十分な制御精度が得られるリップルの大きさに基づき決定すればよい。第2実施形態では、図5に示すようなリップルの大きさに対する電力値を利用する。

【0048】次に、ステップS12で電圧検出値 V および電流検出値 I を取得し、ステップS13で電圧検出値 V および電流検出値 I から電力検出値 P を算出する。そして、ステップS14で、電力検出値 P と電力基準値 P_x とを比較して、 $P > P_x$ の場合は十分な検出精度が得られるリップルの大きさと判断して、ステップS15で「MPPTモード1」を設定する。また、 $P \leq P_x$ の場合はリップルが小さ過ぎてリップルだけでは十分な検出精度が得られないと判断して、ステップS16で「MPPTモード2」を設定する。

【0049】MPPTモード1では、第1実施形態と同様に、一定の電圧目標値 VR で制御されている期間に、リップル上の複数の動作点を検出し、それら検出結果に基づき最大出力点になるように電圧目標値 VR を設定する。また、MPPTモード2では、山登り法のように電圧目標値 VR を積極的に変動させて、複数の電圧目標値 VR で検出される動作点に基づき最大出力点になるように電圧目標値 VR を設定する。電圧目標値 VR の設定が終了すると、処理はステップS12へ戻る。

【0050】以上の処理を繰り返すことにより、太陽電池1の発電電力に応じて二つのMPPTモードを切り換え、太陽電池1の発電電力が最大になるように制御することができる。発電電力が大きい、すなわちリップルが大きい場合は、リップルを活用して一定の電圧目標値 VR で動作点を検出した結果に基づき最大出力点になるように電圧目標値 VR を設定するから、上述したように、太陽電池1の利用率が向上する。

【0051】また、発電電力が小さい、すなわちリップルが小さい場合は、異なる電圧目標値 VR で動作点を検出した結果に基づき最大出力点になるように電圧目標値 VR を設定するから、誤動作を抑制して山登り法などと同程度の太陽電池1の利用率を確保することができる。

【0052】このように、第2実施形態によれば、太陽電池1の発電電力が大きい場合に、太陽電池1の利用率を効果的に向上することができ、極めて効果的である。

【0053】なお、MPPTモード1は、第1実施形態で説明した方法に限定されるものではなく、一定の電圧目標値 VR で制御されている期間に、リップル上の複数の動作点を検出して、それら検出結果に基づき最大出力点になるように電圧目標値 VR を設定するものであればよい。

【0054】また、MPPTモード2も山登り法に限定されるものでなく、電圧目標値 VR を積極的に変動させて、複数の電圧目標値 VR でそれぞれ検出される動作点に基づき最大出力点になるように電圧目標値 VR を設定するものであればよい。例えば、電圧目標値 VR を積極的に変動させ

て、各電圧目標値 VR での発電電力を検出し、最大電力が得られる電圧目標値 VR を次の電圧目標値 VR に設定してもよい。あるいは、特許第2771096号公報に記載された方法でもよい。

【0055】上記では、太陽電池1の発電電力に基づきMPPTモードを切り換える例を説明したが、これに限定されるものではなく、電圧または電流を複数回検出することで検出されるリップルの振幅（peak to peak値）や、電力制御装置2の出力電力または出力電流、あるいは、出力指令値に基づき、MPPTモードを切り換えてもよい。

【0056】

【第3実施形態】以下、本発明にかかる第3実施形態の電力制御装置を説明する。なお、第3実施形態において、第1実施形態と略同様の構成については、同一符号を付して、その詳細説明を省略する。

【0057】多くの場合、リップルは所定の周期を有し、とくに交流電力を出力する電力制御装置2の入力に生じるリップルは出力電力波形と所定の関係を有する。言い換えれば、リップル上の所定の点、例えばリップル電圧の最大点、最小点、中心点などのタイミングを把握することは容易である。

【0058】いま電圧目標値 VR が $V1$ 、図8に示すように最大出力点に設定されているとする。この場合、太陽電池1の動作電圧 V には最小値が $V2$ 、最大値が $V3$ のリップルが発生する。

【0059】電圧設定部7は、電力制御装置2の動作により決まるタイミングで太陽電池1の動作電圧 V および電流 I を検出して、リップル電圧の最大値、最小値および中心値を検出する。つまり、図7に示すタイミング $t1$ でリップル電圧の中心値を、タイミング $t2$ でリップル電圧の最小値を、タイミング $t3$ でリップル電圧の中心値を、タイミング $t4$ でリップル電圧の最大値を検出するとともに、それらタイミングにおける電流 I を検出し、電力値を演算する。

	動作電圧	電力検出値
$t1$	$V1$	$P1$
$t2$	$V2$	$P2$
$t3$	$V1$	$P3$
$t4$	$V3$	$P4$

【0060】そして、同一の動作電圧 $V1$ における電力検出値 P の差から日射変動の影響を推定する。これには、同一の動作電圧 V であれば、太陽電池1の発電電力 P は日射変動にほぼ比例するという特徴、並びに、二つの検出値の検出タイミングが近ければ電力検出値 P は日射変動に比例するという特徴を利用する。つまり、同一動作電圧 V における電力検出値 P の差は、その間の日射の変化量を表す情報で、下記の電力検出値の差 ΔP は、タイミング $t1$ から $t3$ の間の日射の変化量を表す。この日射の変化量を表す情報 ΔP を用いてデータを補正する。

$$\Delta P = P3 - P1$$

【0061】通常、タイミングt1からt4までの時間は短いので、タイミングt1からt4までの日射の変化は直線的とみなせる。また、最大出力点付近における動作電圧V1とV2の電力検出値Pの差は僅かで、短時間の日射変動による電力検出値Pの変化は、動作電圧V1でもV2でも同じとみなせる。同様のことが動作電圧V1とV3にも当てはまる。従って、タイミングt2における動作電圧V2の電力検出値P2を、タイミングt3における動作電圧V2の電力値P2aに補正する。タイミングt2からt3の時間と、タイミングt1からt3の時間に次の関係がある。

$$(t3 - t2)/(t3 - t1) = 1/2$$

【0062】従って、タイミングt2からt3における日射変動の影響は、タイミングt1からt3における日射変動に相当する ΔP の1/2と考えられるから、電力値P2aは次式で表される。

$$P2a = P2 + \Delta P/2$$

【0063】同様に、電力検出値P4をタイミングt3における電力値P4aに補正する。

$$P4a = P4 - \Delta P/2$$

【0064】これにより日射変動の影響が取り除かれた三つの動作電圧V1、V2およびV3における発電電力Pを示す情報が得られる。これらの情報に基づき、出力特性を二次関数で近似し、発電電力Pが極大になる動作電圧Vを算出し、次の電圧目標値VRに設定する。V1はリプルの中心値であるから、 $V3 - V1 = V1 - V2 = \Delta V$ であり、電圧目標値VRは次式により簡単に算出できる。

$$VR = V1 + \Delta V/2 \times \{(P2a - P4a)/(2 \times P1 - P2a - P4a)\}$$

【0065】以上の動作を繰り返すことで、太陽電池1の最大出力点に追従することができる。

【0066】図7に示す例は日射変動がないので、タイミングt1の電力検出値P1とタイミングt3の電力検出値P3は同じ値で、 ΔP はゼロである。この場合、補正量 $\Delta P/2$ もゼロになる。従って、動作電圧V2の電力値P2a=P2、かつ、動作電圧V3の電力値P4a=P4である。さらに、 $P2=P4$ であるからP2a=P4aになる。この場合は、近似される二次関数上で発電電力Pが最大になる電圧はV1になり、V1が次の電圧目標値VRに設定される。

【0067】このように、同一の動作電圧Vの電力検出値Pから日射変動を推定し、データを補正することで、同一タイミングにおける動作電圧-発電電力特性が得られる。得られた特性に基づき電圧目標値VRを決定することで、日射変動による探索制御アルゴリズムの誤動作も発生せず、太陽電池1を最大出力点に制御して、太陽電池1から最大の電力と取り出すことができる上、電力制御装置2の不安定動作も抑制できる。さらに、最大出力点に到達すれば不要な電圧変動を生じさせないため、太陽電池1の利用率はさらに向上する。また、動作電圧-発電電力特性の近似曲線から最大の発電電力Pになる動作電圧Vを推定するので、上記の ΔV より細かく電圧目標値VRを設定することができ、最大出力点を高精度に追跡す

ることができる。その上、動作電圧Vが最大出力点から離れている場合は、検出電圧値の範囲外の値を電圧目標値VRに設定することもできるので、速やかに最大出力点に追従することができる。

【0068】なお、第3実施形態では、日射変動分を示す ΔP により検出値を補正したが、 ΔP が所定値より大きい場合には無条件に次の電圧目標値VRを現在と同じ値に保持して、日射変動が収まるまで電圧目標値VRを変更しないようにしてもよい。この場合、急激な日射変動に伴う誤動作を抑制することができる。

【0069】このように、上述した各実施形態によれば、電力制御装置2の電力変換動作により太陽電池1から供給される電力に所定周期のリプルが発生する。このリプルを利用して、太陽電池1の複数の動作電圧Vにおける電流を検出し、それらから算出される電力値Pに基づき、太陽電池1の発電電力Pが最大になるように、次の目標電圧値Vを設定する。これにより以下の効果を得ることができる。

(1) 電圧目標値VRが最大出力点に到達した後は、電圧目標値VRを変動させることなく最大出力点を追従するので、電圧目標値VRを積極的に変動させることによる発電損失を防ぐことができ、太陽電池1の利用率が向上する。

(2) 太陽電池1のリプルの大きさに応じて、電圧目標値VRを積極的に変動させないMPPTモードと、積極的に電圧目標値VRを変動させるMPPTモードを切り換えることで、リプルが大きい場合に太陽電池1の利用率を向上するとともに、リプルが小さい場合にMPPT制御の誤動作を防ぐことができる。なお、MPPTモードの切り替えは、リプルの大きさそのものではなく、入力または出力の電力または電流、あるいは、入力電圧または入力電流の検出値のばらつきによって行うことから、確実かつ容易である。

(3) 日射変動に相当する発電電力の変動を補正することで、日射変動の影響を受けずに、最大出力点を正確に探索することができる。

(4) 日射変動に相当する発電電力の変動が所定値を超える場合、一旦、最大出力点の探索を停止することで、日射変動の影響によるMPPT制御の誤動作を防ぐことができる。

【0070】このように、本実施形態の電力制御装置2は大変有用であり、とくに系統3と連系運転される系統連系型の太陽光発電装置に使用すると効果が大きい。

【0071】なお、上記では、電圧目標値VRを設定する例を説明したが、電流目標値IRを設定することもできる。さらに、直流電力の供給源は、太陽電池1に限らず、電力制御装置2の電力変換動作によりリプルが生じ、太陽電池のような動作電圧（または電流）-電力特性を有する供給源であればよい。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、

入力される直流電力を負荷に応じた電力に変換する場合に、直流電力の供給源の利用効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の電力制御装置を使用する太陽光発電装置の構成例を示すブロック図、

【図2】図1に示す電圧設定部が行うMPPT制御の一例を示すフローチャート、

【図3】電圧目標値、太陽電池の動作電圧および発電電力の時間変化を示す図、

【図4】太陽電池の動作特性例を示す図、

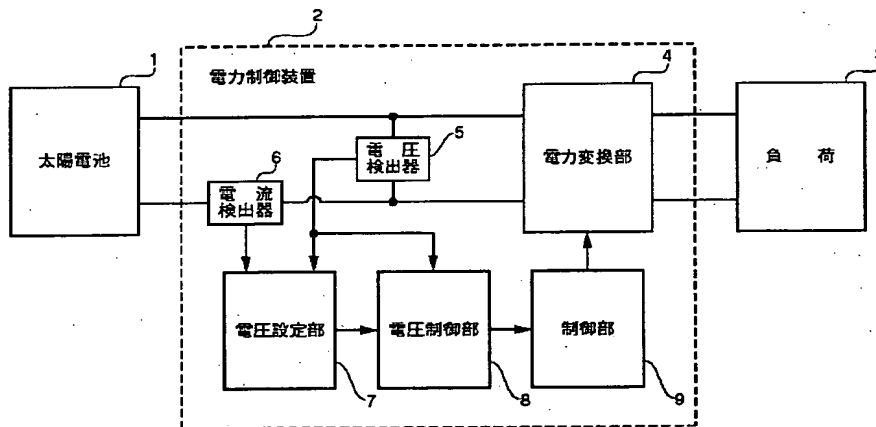
【図5】リップルの大きさと電力との関係例を示す図、

【図6】第2実施形態の電圧設定部が行うMPPT制御の一例を示すフローチャート、

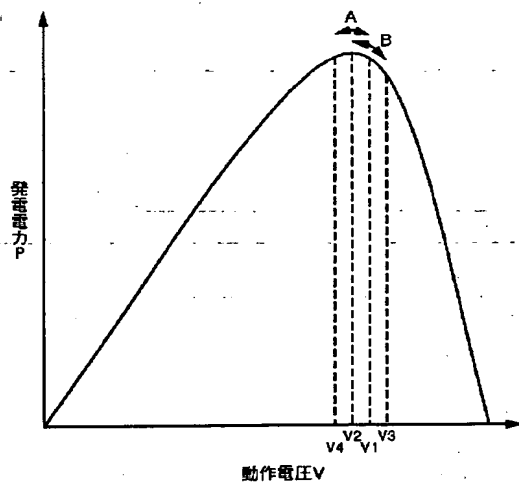
【図7】電圧目標値、太陽電池の動作電圧および発電電力の時間変化を示す図、

【図8】太陽電池の動作特性例を示す図である。

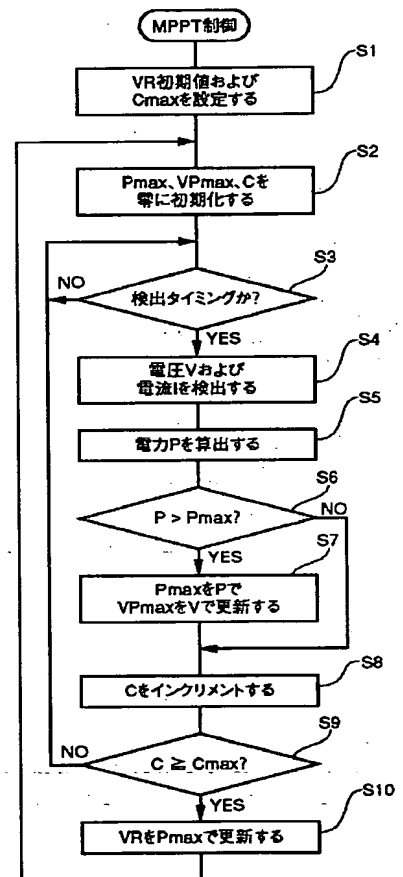
【図1】



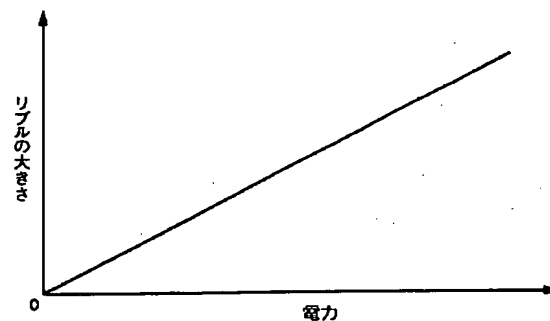
【図4】



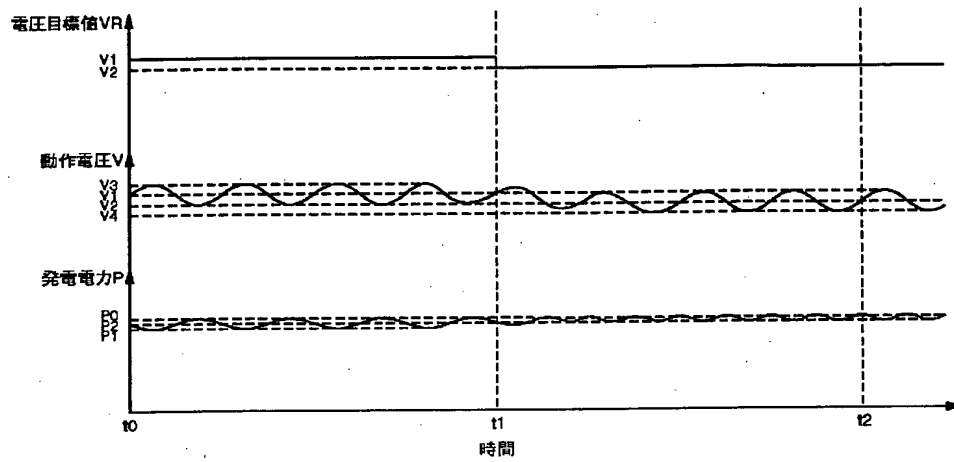
【図2】



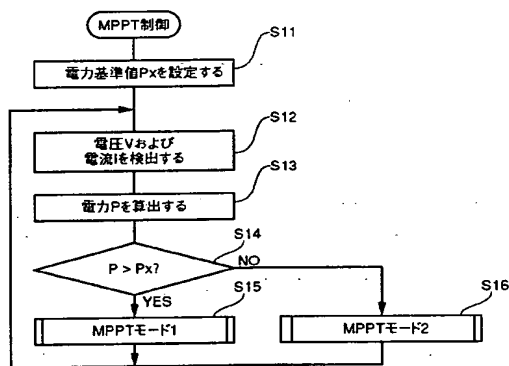
【図5】



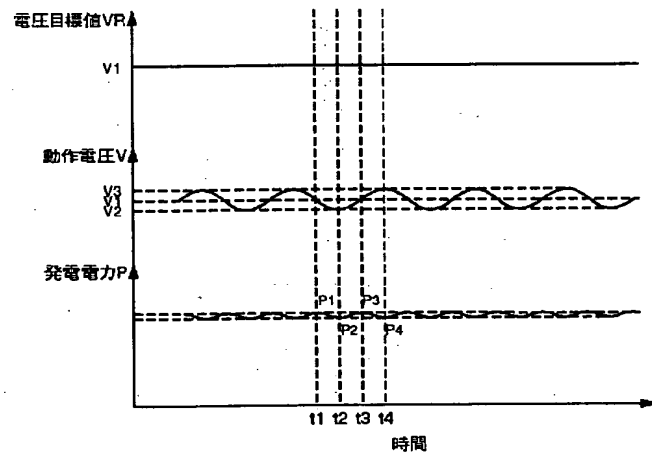
【図3】



【図6】



【図7】



【図8】

